

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. Juli 2004 (15.07.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/059401 A1(51) Internationale Patentklassifikation⁷: G05B 17/00,
G01D 1/16

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/012754

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. November 2003 (14.11.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 55 959.7 29. November 2002 (29.11.2002) DE(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): SIEMENS AKTIENGESellschaft [DE/DE];
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

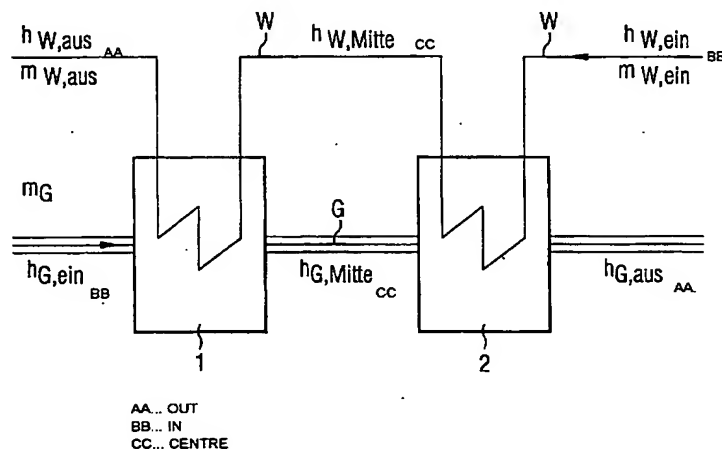
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ALTPETER, Rein-
hold [DE/DE]; Stiftungsstrasse 2a, 91056 Erlangen (DE).HOEVER, Georg [DE/DE]; Gartenstadtstrasse 52, 81825
München (DE). WEBER, Ingo [DE/US]; 1535 Bullbush
Way, Oviedo, FL 32765 (US).(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München
(DE).(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD,
GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN,
MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO Patent (BW, GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR ANALYSING A TECHNICAL SYSTEM, IN ADDITION TO A COMPUTER PRO-
GRAM PRODUCT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR SYSTEMANALYSE ZUR FESTLEGUNG DER MESSGRÖSSEN



(57) Abstract: The inventive system is used to design a technical system, which is characterised by condition variables and by diagnostic variables. A measurement field comprising first measured variables is incorporated into the design of the technical system, said first measured variables being measured with a predetermined accuracy. In addition, second measured variables can be measured with a predetermined accuracy. According to the inventive method, sensitivity variables are determined for the first measured variables. To determine said sensitivity variables, the extent to which a modification of the measurement accuracy of the first measured variables influences at least one parameter is calculated and to determine the second sensitivity variables, the extent to which the measurement of the second measured variables influences at least one parameter is calculated. The measurement field is then modified in such a way that the accuracy of the measured variables is altered, the first measured variables are removed from the measurement field and/or the second measured variables are added to the measurement field.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Verfahren und Vorrichtung zur Analyse eines technischen Systems sowie Computerprogramm. Verfahren zum Entwurf eines technischen Systems, das durch Zustandsgrößen und Diagnosengrößen charakterisiert ist. In den Entwurf wird ein Messpark einbezogen, der erste Messgrößen umfasst, die mit einer vorgegebenen Genauigkeit gemessen werden. Ferner sind zweite Messgrößen mit einer vorgegebenen Genauigkeit messbar. In Verfahren werden Sensitivitätsgrößen für die Messgrößen bestimmt, wobei zur Bestimmung der ersten Sensitivitätsgrößen ermittelt wird, in welchem Masse eine Änderung der Genauigkeit der Messung der ersten Messgrößen wenigstens einen Parameter beeinflusst, und zur Bestimmung der zweiten Sensitivitätsgrößen ermittelt wird, in welchem Masse die Messung der zweiten Messgrößen wenigstens einen Parameter beeinflusst. Der Messpark wird daraufhin derart verändert, dass die Genauigkeit einer Messgrößen verändert aus dem Messpark herausgenommen und/oder oder zweite Messgrößen zum Messpark hinzugenommen werden.

Beschreibung

VERFAHREN ZUR SYSTEMANALYSE ZUR FESTLEGUNG DER MESSGRÖSSEN

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Entwurf eines technischen Systems sowie ein entsprechendes Computerprogramm-Produkt.

- 10 Bei der Beschreibung eines technischen Systems, beispielsweise einer Kraftwerksanlage, werden verschiedene Parameter, wie z. B. Drücke, Massenflüsse u.s.w. herangezogen. Die Parameter gehorchen bestimmten physikalischen Gesetzen, wie z. B. Massen- oder Energiebilanzen, welche sich durch ein Gleichungssystem ausdrücken lassen. Die Lösungen des Gleichungssystems sind die Zustandsgrößen des technischen Systems. Aus diesen Zustandsgrößen können wiederum für den Betrieb des technischen Systems relevante Diagnosegrößen berechnet werden, wie z. B. der Wirkungsgrad einer Kraftwerksanlage. Der konkrete Zustand eines technischen Systems kann darüber hinaus durch Messungen erfasst werden. Die Messgrößen der Messungen können direkt den Wert einer Zustandsgröße wiedergeben; es können aber auch aus den Zustandsgrößen abgeleitete Messgrößen gemessen werden. Beispielsweise kann die Temperatur eines technischen Systems gemessen werden, während die Zustandsgrößen des Systems die Enthalpie und der Druck sind. Zur Bestimmung der Zustandsgrößen aus den Messgrößen führt man im allgemeinen eine Messung durch und sucht die Zustandsgrößen, welche das Gleichungssystem lösen und deren abgeleiteten Messgrößen
- 20
- 25
- 30
- möglichst nahe bei den durch die Messung ermittelten Messwerten liegen. Hierzu gibt es standardisierte Verfahren (siehe z.B. VDI-Richtlinie 2048).

- Es kann das Problem auftreten, dass aufgrund einer zu geringen Anzahl von Gleichungen im Gleichungssystem bzw. einer zu geringen Anzahl von Messstellen einzelne Zustandsgrößen oder einzelne Diagnosegrößen unbestimmt bleiben. Ferner können
- 35

aufgrund von Messfehlern die Zustandsgrößen bzw. die Diagnosen-
größen mit großen Unsicherheiten behaftet. Es muss deshalb
entschieden werden, durch welche Messungen die Genauigkeit
bestimmter Zustandsgrößen verbessert werden kann bzw. be-
stimmte Zustandsgrößen überhaupt erst bestimmt werden können.
Hierzu wird üblicherweise auf den Rat erfahrener Ingenieure
zurückgegriffen, und die Vorschläge dieser Ingenieure lassen
sich durch Simulationsprogramme überprüfen. Hierzu sind je-
doch zeitaufwendige Auswertungen erforderlich.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren zum Ent-
wurf eines technischen Systems anzugeben, bei dem systema-
tisch ermittelt wird, wie die Messungen von einzelnen Mess-
größen die Parameter des technischen Systems beeinflussen.

Diese Aufgabe wird gemäß den Merkmalen der unabhängigen Pa-
tentansprüche gelöst. Weiterbildungen der Erfindung sind in
den abhängigen Ansprüchen definiert.

Das erfindungsgemäße Verfahren dient zum Entwurf eines tech-
nischen Systems, das durch Parameter umfassend Zustandsgrößen
und von den Zustandsgrößen abhängige Diagnosengrößen charak-
terisiert ist. Unter Entwurf wird hierbei insbesondere die
Analyse und/oder Änderung des technischen Systems verstanden,
insbesondere die Analyse und Änderung der im technischen Sys-
tem vorgenommenen Messungen. Das technische System wird dabei
durch ein Gleichungssystem beschrieben, wobei die Zustands-
größen die Lösungen des Gleichungssystems sind. In den Ent-
wurf des technischen Systems wird ein Messpark einbezogen,
der erste Messgrößen umfasst, wobei die ersten Messgrößen im
technischen System mit einer vorgegebenen Genauigkeit gemes-
sen werden. Ferner sind in dem technischen System zweite, von
den Zustandsgrößen abhängige Messgrößen mit einer vorgegeben-
en Genauigkeit messbar.

In dem erfindungsgemäßen Verfahren werden erste Sensitivi-
tätsgrößen für die ersten Messgrößen und/oder zweite Sensiti-

vitätsgrößen für die zweiten Messgrößen bestimmt, wobei zur Bestimmung der ersten Sensitivitätsgrößen ermittelt wird, in welchem Maße eine Änderung der Genauigkeit der Messung der ersten Messgrößen wenigstens einen ausgewählten Parameter beeinflusst, und zur Bestimmung der zweiten Sensitivitätsgrößen ermittelt wird, in welchem Maße die Messung der zweiten Messgrößen wenigstens einen ausgewählten Parameter beeinflusst. Der Messpark wird daraufhin in Abhängigkeit von den ersten und/oder zweiten Sensitivitätsgrößen derart verändert, dass die Genauigkeit einer oder mehrerer erster Messgrößen verändert wird und/oder eine oder mehrere erste Messgrößen aus dem Messpark herausgenommen werden und/oder eine oder mehrere zweite Messgrößen zum Messpark hinzugenommen werden. Dieser veränderte Messpark wird zum Entwurf des technischen Systems eingesetzt.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird vorzugsweise die Genauigkeit einer ersten Messgröße erhöht, wenn die erste Sensitivitätsgröße dieser Messgröße in einem vorbestimmten Wertebereich liegt, und/oder eine erste Messgröße wird aus dem Messpark herausgenommen, wenn die erste Sensitivitätsgröße dieser Messgröße in einem vorbestimmten Wertebereich liegt, und/oder eine zweite Messgröße wird zum Messpark hinzugenommen, wenn die zweite Sensitivitätsgröße dieser Messgröße in einem vorbestimmten Wertebereich liegt. Durch die Wahl von unterschiedlichen Wertebereichen kann somit das Entwurfsverfahren an unterschiedliche benutzerspezifische Anforderungen in einfacher Art und Weise angepasst werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist das technische System durch ein Gleichungssystem $H(x) = (H_1(x) \dots, H_n(x) = 0$ beschrieben, wobei $x = (x_1, \dots, x_n)$ ein Vektor ist, der als Komponenten die Zustandsgrößen x_i umfasst. An dieser Stelle sei angemerkt, dass alle im folgenden verwendeten Indizes i, j, k bzw. l natürliche Zahlen darstellen.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden in einer bevorzugten Ausführungsform insbesondere folgende Matrizen berechnet:

- 5 - eine Matrix N , die den Nullraum der Jakobimatrix von H aufspannt,
- eine Matrix W , so dass $W^T \cdot W$ die Inverse der Kovarianzmatrix der ersten Messgrößen $y_i = b_i(x)$ ist, wobei die Kovarianzmatrix als Einträge die Kovarianzen $\sigma_{ij}^2 = E((y_i - E(y_i))(y_j - E(y_j)))$ aufweist, wobei $E(y)$ der Erwartungswert von y ist;
- 10 - eine Matrix M , welche die pseudoinverse Matrix zu $A = W \cdot D_b \cdot N$ ist, wobei D_b die Jakobimatrix der ersten Messgrößen $y_i = b_i(x)$ ist.

15

Die Begriffe Nullraum, Jakobimatrix sowie inverse bzw. pseudoinverse Matrix sind aus der Theorie der Matrixberechnungen bekannte Definitionen (siehe beispielsweise Gene H. Golub, Charles F. van Loan: „Matrix Computations“, 3rd Edition, 20 Baltimore, London; The Johns Hopkins University Press; 1996).

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die im technischen System berechneten ersten Sensitivitätsgrößen jeweils das Verhältnis der Genauigkeitsänderung eines ausgewählten Parameters zu der Genauigkeitsänderung einer ersten Messgröße, wobei der ausgewählte Parameter eine ausgewählte Zustandsgröße ist, die über die ersten Messgrößen bestimmbar ist. Das Verfahren zeichnet sich hierbei dadurch aus, dass:

- wenigstens einer der ausgewählten Parameter eine ausgewählte Zustandsgröße ist, die über die ersten Messgrößen bestimmbar ist;
- 35 - eine oder mehrere der ersten Sensitivitätsgrößen $\Phi_{y_j x_1}$ jeweils das Verhältnis der Genauigkeitsänderung $\Delta \sigma_{11}^2 / x_1 = \Delta E((x_1 - E(x_1))^2) / x_1$ der ausgewählten Zustandsgröße x_1 zu

5

der Genauigkeitsänderung $\Delta\sigma_{jj}^2 / y_j = \Delta E((y_j - E(y_j))^2) / y_j$ einer ersten Messgröße y_j darstellen;

- die ersten Sensitivitätsgrößen durch folgende Formel bestimmt werden:

$$\Phi_{y_j x_l} = \frac{\sigma_{lj}^2}{\sigma_{ll}^2} \cdot r_{lj}^2$$

wobei r_{lj} das Element in der l -ten Zeile und j -ten Spalte der Matrix $N \cdot M \cdot W$ ist.

10 In einer weiteren Ausführungsform stellen die ersten Sensitivitätsgrößen jeweils das Verhältnis der Genauigkeitsänderung einer ausgewählten Diagnosegröße zu der Genauigkeitsänderung einer ersten Messgröße dar, wobei die ausgewählte Diagnosegröße über die ersten Messgrößen bestimmbar ist. Das Verfahren zeichnet sich hierbei dadurch aus, dass:

15

- wenigstens einer der ausgewählten Parameter eine ausgewählte Diagnosegröße ist, die über die ersten Messgrößen bestimmbar ist;
- eine Matrix Dd , welche die Jakobimatrix der Diagnosegrößen $d_i = d_i(x)$ ist, bestimmt wird;
- eine oder mehrere der ersten Sensitivitätsgrößen $\Phi_{y_j d_n}$ jeweils das Verhältnis der Genauigkeitsänderung $\Delta\sigma_{nn}^2 / d_n = \Delta E((d_n - E(d_n))^2) / d_n$ der ausgewählten Diagnosegröße d_n zu der Genauigkeitsänderung $\Delta\sigma_{jj}^2 / y_j = \Delta E((y_j - E(y_j))^2) / y_j$ einer ersten Messgröße y_j darstellen;
- die ersten Sensitivitätsgrößen durch folgende Formel bestimmt werden:

25

$$\Phi_{y_j d_n} = \frac{\sigma_{nj}^2}{\sigma_{nn}^2} \cdot s_{nj}^2$$

30

wobei s_{nj} das Element in der n -ten Zeile und j -ten Spalte von $Dd \cdot N \cdot M \cdot W$ ist.

35

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform stellen eine oder mehrere der zweiten Sensitivitätsgrößen jeweils die Varianz einer ausgewählten Zustandsgröße bei der Hinzunahme ei-

ner zweiten Messgröße dar, wobei die ausgewählte Zustandsgröße über die ersten Messgrößen bestimmbar ist. Das Verfahren zeichnet sich hierbei dadurch aus, dass:

- 5 - wenigstens einer der ausgewählten Parameter eine ausgewählte Zustandsgröße ist, die über die ersten Messgrößen bestimmbar ist;
- eine oder mehrere der zweiten Sensitivitätsgrößen jeweils die Varianz $\sigma_{k \rightarrow x_1}^2$ der ausgewählten Zustandsgröße x_1 bei
10 Hinzunahme einer zweiten Messgröße, deren Wert eine Zustandsgröße x_k ist, mit der Varianz σ_k zu dem Messpark darstellen;
- die zweiten Sensitivitätsgrößen durch folgende Formel bestimmt werden:

15

$$\sigma_{k \rightarrow x_i}^2 = m_i^T \cdot m_i - \frac{(m_k^T \cdot m_i)^2}{\sigma_k^2 + m_k^T \cdot m_k},$$

wobei m_i die i -te Spalte der Matrix $M^T \cdot N$ ist.

20 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung stellen eine oder mehrere der zweiten Sensitivitätsgrößen jeweils die Varianz einer ausgewählten Diagnosegröße bei Hinzunahme einer zweiten Messgröße dar, wobei die ausgewählte Diagnosegröße über die ersten Messgrößen bestimmbar ist. Das Verfahren zeichnet sich hierbei dadurch aus, dass:

25

- wenigstens einer der ausgewählten Parameter eine ausgewählte Diagnosegröße ist, die über die ersten Messgrößen bestimmbar ist;
- eine Matrix D_d , welche die Jakobimatrix der Diagnosegrößen $d_i = d_i(x)$ ist, bestimmt wird;
- 30 - eine oder mehrere der zweiten Sensitivitätsgrößen jeweils die Varianz $\sigma_{k \rightarrow d_n}^2$ der ausgewählten Diagnosegröße d_n bei Hinzunahme einer zweiten Messgröße, deren Wert eine Zustandsgröße x_k ist, mit der Varianz σ_k zu dem Messpark
35 darstellen;

7

- die zweiten Sensitivitätsgrößen durch folgende Formel bestimmt werden:

$$\sigma_{k \rightarrow d_n}^2 = q_n^T \cdot q_n - \frac{(m_k^T \cdot q_n)^2}{\sigma_k^2 + m_k^T \cdot m_k}$$

5

wobei m_i die i -te Spalte der Matrix $M^T \cdot N^T$ und q_n die n -te Spalte der Matrix $M^T \cdot N^T \cdot Dd^T$ ist.

Es kann nunmehr der Fall auftreten, dass der ausgewählte Parameter des technischen Systems eine Zustandsgröße ist, die nicht über die ersten Messgrößen bestimmbar ist. In diesem Falle wird zunächst eine zweite Messgröße ermittelt, deren Wert eine Zustandsgröße ist und welche zu dem Messpark hinzuzufügen ist, damit der ausgewählte Parameter eindeutig bestimmbar ist. Das Verfahren, bei dem dieser Fall berücksichtigt ist, zeichnet sich dadurch aus, dass:

- wenigstens einer der ausgewählten Parameter eine ausgewählte Zustandsgröße ist, die nicht über die ersten Messgrößen bestimmbar ist;
- eine Matrix P , welche die orthogonale Projektion auf den Nullraum von A ist, bestimmt wird;
- eine zweite Messgröße ermittelt wird, deren Wert eine Zustandsgröße x_k ist und welche zu dem Messpark hinzuzufügen ist, damit die ausgewählte Zustandsgröße eindeutig bestimmbar ist;
- eine der zweiten Sensitivitätsgrößen die Varianz $\sigma_{k \rightarrow x_l}^2$ der ausgewählten Zustandsgröße bei Hinzunahme der ermittelten zweiten Messgröße x_k mit der Varianz σ_k zu dem Messpark darstellt;
- die zweite Sensitivitätsgröße durch folgende Formel bestimmt wird:

$$\sigma_{k \rightarrow x_l}^2 = \sigma_k^2 \cdot \frac{\|P\|^2}{\|P_k\|^2} + \left\| m_l - \frac{\|P\|}{\|P_k\|} m_k \right\|^2,$$

35

mit $p = Pn_l$, wobei n_l die l -te Spalte der Matrix N^T ist und m_i die i -te Spalte der Matrix $M^T \cdot N^T$ ist und p_k die k -te Spalte der Matrix $P \cdot N^T$ ist.

5 Es kann ferner der Fall auftreten, dass der ausgewählte Parameter eine Diagnosegröße ist, die nicht über die erste Messgröße bestimmbar ist. In diesem Fall wird zunächst eine zweite Messgröße ermittelt, deren Wert eine Zustandsgröße ist und welche zu dem Messpark hinzuzufügen ist, damit die ausgewählte
10 Diagnosegröße eindeutig bestimmbar ist. Das Verfahren, bei dem dieser Fall berücksichtigt ist, zeichnet sich dadurch aus, dass:

- wenigstens einer der ausgewählten Parameter eine ausgewählte Diagnosegröße ist, die nicht über die ersten Messgrößen bestimmbar ist;
- eine Matrix D_d , welche die Jakobimatrix der Diagnosegrößen $d_i = d_i(x)$ ist, bestimmt wird;
- eine Matrix P , welche die orthogonale Projektion auf den Nullraum von A ist, bestimmt wird;
- eine zweite Messgrößen ermittelt wird, deren Wert eine Zustandsgröße x_k ist und welche zu dem Messpark hinzuzufügen ist, damit die ausgewählte Diagnosegröße eindeutig bestimmbar ist;
- eine der beiden Sensitivitätsgrößen die Varianz $\sigma_{k \rightarrow d_n}^2$ der ausgewählten Diagnosegröße d_n bei Hinzunahme der ermittelten zweiten Messgröße x_k mit der Varianz σ_k zu dem Messpark darstellt;
- die zweite Sensitivitätsgröße durch folgende Formel bestimmt wird:

$$\sigma_{k \rightarrow d_n}^2 = \sigma_k^2 \cdot \frac{\|p\|^2}{\|p_k\|^2} + \left\| M^T \cdot c_n - \frac{\|p\|}{\|p_k\|} m_k \right\|^2,$$

mit $p = P c_n$, wobei c_n die n -te Spalte der Matrix $N^T \cdot D_d^T$, m_k die k -te Spalte der Matrix $M^T \cdot N^T$ ist und p_k die k -te
35 Spalte der Matrix $P \cdot N^T$ ist.

Bei den beiden zuletzt genannten Ausführungsformen läuft die Ermittlung der zweiten Messgröße vorzugsweise derart ab, dass in der Matrix $P \cdot N^T$ die Spalte gesucht wird, so dass p linear abhängig von dem durch diese Spalte dargestellten Vektor ist, wobei der Index der Spalte angibt, welcher zweite Messwert zu dem Messpark hinzuzufügen ist.

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung werden bei den Ausführungsformen, bei denen als zweite Sensitivitätsgrößen die Varianzen von ausgewählten Parametern bei der Hinzunahme von zweiten Messgrößen bestimmt werden, als Standardabweichung für die zweiten hinzuzunehmenden Messgrößen 1% des Wertes der zweiten Messgröße angenommen.

Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass mathematisch die Richtigkeit aller im vorangegangenen verwendeten Formeln bewiesen werden kann.

Neben dem oben beschriebenen Verfahren betrifft die Erfindung auch eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Darüber hinaus umfasst die Erfindung ein Computerprogrammprodukt, welches ein Speichermedium aufweist, auf welchem ein Computerprogramm gespeichert ist, das auf einem Rechner ablaufbar ist und mit dem das erfindungsgemäße Verfahren durchführbar ist.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen dargestellt und erläutert.

Es zeigt:

Fig.1 den schematischen Aufbau eines technischen Systems, das mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens analysiert wird.

35

Fig. 2 eine Prozessoreinheit zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Das in Fig. 1 gezeigte technische System betrifft ein Heizsystem eines Kraftwerks mit zwei hintereinander geschalteten Heizflächen 1 und 2, wobei an diesen Heizflächen ein Gasstrom G und ein Wasserstrom W in jeweils entgegengesetzten Richtungen vorbeiströmen.

Das technische System wird durch folgende Zustandsgrößen charakterisiert:

10	$m_{W, \text{ein}}$	Massenfluss des Wassers beim Eintritt in das Heizsystem;
	$m_{W, \text{aus}}$	Massenfluss des Wassers beim Austritt aus dem Heizsystem;
15	$h_{W, \text{ein}}$	spezifische Enthalpie des Wassers beim Eintritt in das Heizsystem;
20	$h_{W, \text{Mitte}}$	spezifische Enthalpie des Wassers zwischen den beiden Heizflächen 1 und 2;
	$h_{W, \text{aus}}$	spezifische Enthalpie beim Austritt des Wassers aus dem Heizsystem;
25	m_G	Massenfluss des Gases im Heizsystem;
	$h_{G, \text{ein}}$	spezifische Enthalpie des Gases beim Eintritt in das Heizsystem;
30	$h_{G, \text{Mitte}}$	spezifische Enthalpie des Gases zwischen den beiden Heizflächen 1 und 2;
35	$h_{G, \text{aus}}$	spezifischen Enthalpie des Gases beim Austritt aus dem Heizsystem.

Die Zustandsgrößen sind Variablen eines Gleichungssystems $H(x)=0$, welches folgende physikalischen Bilanzgleichungen umfasst:

5 Massenbilanz des Wassers im Heizsystem:

$$m_{\mathcal{W},\text{ein}} - m_{\mathcal{W},\text{aus}} = 0 ;$$

Enthalpiebilanz an der ersten Heizfläche:

10

$$m_G \cdot (h_{G,\text{ein}} - h_{G,\text{Mitte}}) - m_{\mathcal{W},\text{aus}} \cdot (h_{\mathcal{W},\text{aus}} - h_{\mathcal{W},\text{Mitte}}) = 0 ;$$

Enthalpiebilanz an der zweiten Heizfläche:

$$m_G \cdot (h_{G,\text{Mitte}} - h_{G,\text{aus}}) - m_{\mathcal{W},\text{ein}} \cdot (h_{\mathcal{W},\text{Mitte}} - h_{\mathcal{W},\text{ein}}) = 0 .$$

15

Es wird folgender Soll-Arbeitspunkt des technischen Systems betrachtet, wobei die nachfolgenden Werte der Zustandsgrößen eine Lösung des obigen Gleichungssystems darstellen:

$m_{\mathcal{W},\text{ein}}$	$m_{\mathcal{W},\text{aus}}$	$h_{\mathcal{W},\text{ein}}$	$h_{\mathcal{W},\text{Mitte}}$	$h_{\mathcal{W},\text{aus}}$	m_G	$h_{G,\text{ein}}$	$h_{G,\text{Mitte}}$	$h_{G,\text{aus}}$
100	100	200	300	400	50	1000	800	600

20

Neben den oben genannten Zustandsgrößen ist das technische System ferner durch einen Diagnosewert charakterisiert, der im vorliegenden Fall den relativen Wärmeübertrag des durchströmenden Gases darstellt. Der Wärmeübertrag \mathcal{W} kann durch folgende Formel beschrieben werden:

25

$$\mathcal{W} = \frac{h_{G,\text{ein}} - h_{G,\text{aus}}}{h_{G,\text{ein}}}$$

30

Folgende erste Messgrößen werden in dem technischen System mit einer Standardabweichung von jeweils 1% bezüglich des jeweiligen Soll-Wertes gemessen:

12

Enthalpiefluss des Wassers beim Eintritt in das Heizsystem:

$$m_{W, \text{ein}} \cdot h_{W, \text{ein}} ;$$

5 Massenfluss des Wassers beim Eintritt in das Heizsystem:

$$m_{W, \text{ein}} ;$$

Enthalpiefluss des Wassers beim Austritt aus dem Heizsystem:

10

$$m_{W, \text{aus}} \cdot h_{W, \text{aus}} ;$$

Massenfluss des Gases :

15 $m_G ;$

Enthalpiefluss des Gases beim Eintritt in das Heizsystem:

$$m_G \cdot h_{G, \text{ein}} .$$

20

Mit der oben genannten Formel für den relativen Wärmeübertrag \mathcal{W} ergibt sich mit den Sollwerten $\mathcal{W} = 0,4$.

25 Aufgrund der verwendeten Standardabweichungen von 1% führt die Messung des relativen Wärmeübertrags zu einem Messwert von 0,4 mit einer Standardabweichung von 0,0098.

30 In einer ersten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird als Sensitivitätsgröße eines ersten Messwerts jeweils das Verhältnis der Genauigkeitsänderung des Diagnosewertes \mathcal{W} zu der Genauigkeitsänderung des ersten Messwertes bestimmt.

Es ergeben sich folgende Werte:

35 Sensitivitätsgröße des Enthalpieflusses des Wassers beim Eintritt in das Heizsystem: 0,167.

Sensitivitätsgröße des Massenflusses des Wassers beim Eintritt in das Heizsystem: 0,0.

5 Sensitivitätsgröße des Enthalpieflusses des Wassers beim Austritt aus dem Heizsystem: 0,667.

Sensitivitätsgröße des Massenflusses des Gases : 0,0;

10 Sensitivitätsgröße des Enthalpieflusses des Gases beim Eintritt in das Heizsystem: 0,167.

15 Man erkennt, dass die Sensitivitätsgröße des Enthalpieflusses des Wassers beim Austritt aus dem Heizsystem den größten Wert aufweist. Das bedeutet, dass eine Änderung der Genauigkeit der Messung des Enthalpieflusses des Wassers beim Austritt aus dem Heizsystem den größten Einfluss auf die Genauigkeit der Messung des relativen Wärmeübertrags hat. Folglich führt eine Verbesserung der Messgenauigkeit des Enthalpieflusses des Wassers beim Austritt aus dem Heizsystem am wirkungsvollsten zu einer Verbesserung der Genauigkeit des Diagnosewertes. Demgegenüber haben die Messungen der Massenflüsse einen Sensitivitätswert von 0 und deshalb keine Auswirkungen auf die Genauigkeit des Diagnosewertes W .

25 In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden als Sensitivitätsgrößen die Varianzen des relativen Wärmeübertrags unter der Annahme berechnet, dass im technischen System eine Zustandsgröße zu den ersten Messgrößen als zweite Messgröße mit einer Standardabweichung von 1 %
30 bezüglich des Sollwertes hinzugenommen wird. Im Folgenden sind die Standardabweichungen (Wurzeln aus den Varianzen) bei der Hinzunahme der einzelnen Zustandsgrößen angegeben:

Hinzunahme von $m_{W, \text{ein}}$: 0,0098;

35

Hinzunahme von $m_{W, \text{aus}}$: 0,0098;

14

Hinzunahme von $h_{W, \text{ein}}$: 0,0095;

Hinzunahme von $h_{W, \text{aus}}$: 0,0086;

5 Hinzunahme von m_G : 0,0098;

Hinzunahme von $h_{G, \text{ein}}$: 0,0095;

Hinzunahme von $h_{G, \text{aus}}$: 0,0062.

10

Eine Hinzunahme von $h_{W, \text{Mitte}}$ und $h_{G, \text{Mitte}}$ wird nicht betrachtet, da diese Zustandsgrößen durch die Messgrößen nicht eindeutig bestimmt sind. Es ist ersichtlich, dass die Einführung der Messung von $h_{G, \text{aus}}$ die kleinste Standardabweichung für den re-

15 relativen Wärmeübertrag ergibt. Folglich wird die Messung von $h_{G, \text{aus}}$ zu dem Messpark der ersten Messungen hinzugenommen.

20

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung werden nunmehr Zustandsgrößen betrachtet, die nicht eindeutig durch die ersten Messgrößen des technischen Systems bestimmt sind. Es handelt sich hierbei um die Zustandsgrößen $h_{W, \text{Mitte}}$ und $h_{G, \text{Mitte}}$. Es wird nunmehr in einem ersten Schritt ermittelt, welche Messgröße hinzugenommen werden muss, damit die Zustandsgrößen $h_{W, \text{Mitte}}$ und $h_{G, \text{Mitte}}$ eindeutig bestimmt sind. Hierzu wird eine

25 Rechnung gemäß Anspruch 11 durchgeführt.

30

Es ergibt sich, dass eine Messung von $h_{W, \text{Mitte}}$ oder eine Messung von $h_{G, \text{Mitte}}$ schon jeweils beide Zustandsgrößen $h_{W, \text{Mitte}}$ und $h_{G, \text{Mitte}}$ festlegen. Bei der Annahme einer Standardabweichung von 1 % für die Messung von $h_{W, \text{Mitte}}$ bzw. $h_{G, \text{Mitte}}$ ergibt sich:

- bei der Messung von $h_{W, \text{Mitte}}$ eine Standardabweichung für $h_{W, \text{Mitte}}$ von 3,0 und eine Standardabweichung für $h_{G, \text{Mitte}}$ von 17,34;

35

- bei der Messung von $h_{G,Mitte}$ eine Standardabweichung für $h_{W,Mitte}$ von 9,06 und eine Standardabweichung von $h_{G,Mitte}$ 8,0.

5 Hieraus ist ersichtlich, dass zur genauen Bestimmung von $h_{W,Mitte}$ bevorzugt auch $h_{W,Mitte}$ gemessen wird, wohingegen zu einer genauen Bestimmung von $h_{G,Mitte}$ bevorzugt auch $h_{G,Mitte}$ als Messung zum Messpark hinzugenommen wird.

- 10 Das oben beschriebene Verfahren ermöglicht eine systematische und schnelle Suche nach neuen Mess-Stellen, durch welche die Genauigkeit von ausgewählten Zustandsgrößen bzw. Diagnosegrößen verbessert werden kann. Es muss somit nicht mehr auf die Erfahrung von Ingenieuren zurückgegriffen werden, um zu ent-
- 15 scheiden, welche Messgrößen zu einem Messpark hinzugenommen werden sollen bzw. welche Messgenauigkeiten bevorzugt verbessert werden sollten.

In Fig. 2 ist eine Prozessoreinheit PRZE zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt. Die Prozessoreinheit PRZE umfasst einen Prozessor CPU, einen Speicher MEM und eine Input/Output-Schnittstelle IOS, die über ein Interface IFC auf unterschiedliche Art und Weise genutzt wird: Über eine

20 Grafikschnittstelle wird eine Ausgabe auf einem Monitor MON sichtbar und/oder auf einem Drucker PRT ausgegeben. Eine Eingabe erfolgt über eine Maus MAS oder eine Tastatur TAST. Auch verfügt die Prozessoreinheit PRZE über einen Datenbus BUS, der die Verbindung von einem Speicher MEM, dem Prozessor CPU und der Input/Output-Schnittstelle IOS gewährleistet.

25 Weiterhin sind an den Datenbus BUS zusätzliche Komponenten anschließbar, z.B. zusätzlicher Speicher, Datenspeicher (Festplatte) oder Scanner.

30

Patentansprüche

1. Verfahren zum Entwurf eines technischen Systems, das durch Parameter umfassend Zustandsgrößen und von den Zustandsgrößen abhängige Diagnosegrößen charakterisiert ist:

- bei dem das technische System durch ein Gleichungssystem beschrieben wird, wobei die Zustandsgrößen Lösungen des Gleichungssystems sind;

- bei dem ein Messpark umfassend erste Messgrößen analysiert wird, wobei die ersten Messgrößen mit vorgegebenen Genauigkeiten im technischen System gemessen werden und von den Zustandsgrößen abhängen;

- bei dem zweite, von den Zustandsgrößen abhängige Messgrößen im technischen System mit einer vorbestimmten Genauigkeit messbar sind;

- bei dem erste Sensitivitätsgrößen für die ersten Messgrößen und/oder zweite Sensitivitätsgrößen für die zweiten Messgrößen bestimmt werden;

- wobei zur Bestimmung der ersten Sensitivitätsgrößen ermittelt wird, in welchem Maße eine Änderung der Genauigkeit der Messung der ersten Messgrößen wenigstens einen ausgewählten Parameter beeinflusst, und zur Bestimmung der zweiten Sensitivitätsgrößen ermittelt wird, in welchem Maße die Messung der zweiten Messgrößen wenigstens einen ausgewählten Parameter beeinflusst;

- bei dem der Messpark in Abhängigkeit von den ersten und/oder zweiten Sensitivitätsgrößen derart verändert wird, dass die Genauigkeit einer oder mehrerer erster Messgrößen verändert wird und/oder eine oder mehrere

erste Messgrößen aus dem Messpark herausgenommen werden und/oder eine oder mehrere zweite Messgrößen zum Messpark hinzugenommen werden;

- 5 - bei dem der veränderte Messpark zum Entwurf des technischen Systems eingesetzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Genauigkeit einer ersten Messgröße erhöht wird, wenn die erste Sensitivitätsgröße dieser Messgröße in einem vorbestimmten Wertebereich liegt, und/oder eine erste Messgröße aus dem Messpark herausgenommen wird, wenn die erste Sensitivitätsgröße dieser Messgröße in einem vorbestimmten Wertebereich liegt, und/oder eine zweite Messgröße zum Messpark hinzugenommen wird, wenn die zweite Sensitivitätsgröße dieser Messgröße in einem vorbestimmten Wertebereich liegt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das technische System durch ein Gleichungssystem $H(x) = (H_1(x), \dots, H_m(x)) = 0$ beschrieben wird, wobei $x = (x_1, \dots, x_n)$ ein Vektor ist, der als Komponenten die Zustandsgrößen x_i umfasst.
4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die folgenden Matrizen berechnet werden:
- eine Matrix N , die den Nullraum der Jakobimatrix von H aufspannt,
 - eine Matrix W , so dass $W^T \cdot W$ die Inverse der Kovarianzmatrix der ersten Messgrößen $y_i = b_i(x)$ ist, wobei die Kovarianzmatrix als Einträge die Kovarianzen $\sigma_{ij}^2 = E((y_i - E(y_i))(y_j - E(y_j)))$ aufweist, wobei $E(y)$ der Erwartungswert von y ist;
 - eine Matrix M , welche die pseudoinverse Matrix zu $A = W \cdot D_b \cdot N$ ist, wobei D_b die Jakobimatrix der ersten Messgrößen $y_i = b_i(x)$ ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem

- wenigstens einer der ausgewählten Parameter eine ausgewählte Zustandsgröße ist, die über die ersten Messgrößen bestimmbar ist;
- eine oder mehrere der ersten Sensitivitätsgrößen $\Phi_{y_j x_1}$ jeweils das Verhältnis der Genauigkeitsänderung $\Delta\sigma_{11}^2/x_1 = \Delta E((x_1 - E(x_1))^2)/x_1$ der ausgewählten Zustandsgröße x_1 zu der Genauigkeitsänderung $\Delta\sigma_{jj}^2/y_j = \Delta E((y_j - E(y_j))^2)/y_j$ einer ersten Messgröße y_j darstellen;
- die ersten Sensitivitätsgrößen durch folgende Formel bestimmt werden:

$$\Phi_{y_j x_1} = \frac{\sigma_{jj}^2}{\sigma_{11}^2} \cdot r_{1j}^2$$

wobei r_{1j} das Element in der 1-ten Zeile und j-ten Spalte der Matrix $N \cdot M \cdot W$ ist.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, bei dem

- wenigstens einer der ausgewählten Parameter eine ausgewählte Diagnosegröße ist, die über die ersten Messgrößen bestimmbar ist;
- eine Matrix D_d , welche die Jakobimatrix der Diagnosegrößen $d_i = d_i(x)$ ist, bestimmt wird;
- eine oder mehrere der ersten Sensitivitätsgrößen $\Phi_{y_j d_n}$ jeweils das Verhältnis der Genauigkeitsänderung $\Delta\sigma_{nn}^2/d_n = \Delta E((d_n - E(d_n))^2)/d_n$ der ausgewählten Diagnosegröße d_n zu der Genauigkeitsänderung $\Delta\sigma_{jj}^2/y_j = \Delta E((y_j - E(y_j))^2)/y_j$ einer ersten Messgröße y_j darstellen;
- die ersten Sensitivitätsgrößen durch folgende Formel bestimmt werden:

$$\Phi_{y_j d_n} = \frac{\sigma_{jj}^2}{\sigma_{nn}^2} \cdot s_{nj}^2$$

wobei s_{nj} das Element in der n -ten Zeile und j -ten Spalte von $Dd \cdot N \cdot M \cdot W$ ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, bei dem

5

- wenigstens einer der ausgewählten Parameter eine ausgewählte Zustandsgröße ist, die über die ersten Messgrößen bestimmbar ist;
- eine oder mehrere der zweiten Sensitivitätsgrößen jeweils die Varianz $\sigma_{k \rightarrow x_1}^2$ der ausgewählten Zustandsgröße x_1 bei Hinzunahme einer zweiten Messgröße, deren Wert eine Zustandsgröße x_k ist, mit der Varianz σ_k zu dem Messpark darstellen;
- die zweiten Sensitivitätsgrößen durch folgende Formel bestimmt werden:

15

$$\sigma_{k \rightarrow x_i}^2 = m_i^T \cdot m_i - \frac{(m_k^T \cdot m_i)^2}{\sigma_k^2 + m_k^T \cdot m_k},$$

wobei m_i die i -te Spalte der Matrix $M^T \cdot N$ ist.

20 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, bei dem

25

- wenigstens einer der ausgewählten Parameter eine ausgewählte Diagnosegröße ist, die über die ersten Messgrößen bestimmbar ist;
- eine Matrix Dd , welche die Jakobimatrix der Diagnosegrößen $d_i = d_i(x)$ ist, bestimmt wird;
- eine oder mehrere der zweiten Sensitivitätsgrößen jeweils die Varianz $\sigma_{k \rightarrow d_n}^2$ der ausgewählten Diagnosegröße d_n bei Hinzunahme einer zweiten Messgröße, deren Wert eine Zustandsgröße x_k ist, mit der Varianz σ_k zu dem Messpark darstellen;
- die zweiten Sensitivitätsgrößen durch folgende Formel bestimmt werden:

30

$$\sigma_{k \rightarrow d_n}^2 = q_n^T \cdot q_n - \frac{(m_k^T \cdot q_n)^2}{\sigma_k^2 + m_k^T \cdot m_k}$$

35

wobei m_i die i -te Spalte der Matrix $M^T \cdot N^T$ und q_n die n -te Spalte der Matrix $M^T \cdot N^T \cdot Dd^T$ ist.

5 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 8, bei dem

- wenigstens einer der ausgewählten Parameter eine ausgewählte Zustandsgröße ist, die nicht über die ersten Messgrößen bestimmbar ist;
- 10 - eine Matrix P , welche die orthogonale Projektion auf den Nullraum von A ist, bestimmt wird;
- eine zweite Messgröße ermittelt wird, deren Wert eine Zustandsgröße x_k ist und welche zu dem Messpark hinzuzufügen ist, damit die ausgewählte Zustandsgröße eindeutig bestimmbar ist;
- 15 - eine der zweiten Sensitivitätsgrößen die Varianz $\sigma_{k \rightarrow x_1}^2$ der ausgewählten Zustandsgröße bei Hinzunahme der ermittelten zweiten Messgröße x_k mit der Varianz σ_k zu dem Messpark darstellt;
- 20 - die zweite Sensitivitätsgröße durch folgende Formel bestimmt wird:

$$\sigma_{k \rightarrow x_1}^2 = \sigma_k^2 \cdot \frac{\|p\|^2}{\|p_k\|^2} + \left\| m_i - \frac{\|p\|}{\|p_k\|} m_k \right\|^2,$$

25 mit $p = Pn_1$, wobei n_1 die 1-te Spalte der Matrix N^T ist und m_i die i -te Spalte der Matrix $M^T \cdot N^T$ ist und p_k die k -te Spalte der Matrix $P \cdot N^T$ ist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 9, bei dem

30

- wenigstens einer der ausgewählten Parameter eine ausgewählte Diagnosegröße ist, die nicht über die ersten Messgrößen bestimmbar ist;
- eine Matrix Dd , welche die Jakobimatrix der Diagnosegrößen $d_i = d_i(x)$ ist, bestimmt wird;

35

- eine Matrix P , welche die orthogonale Projektion auf den Nullraum von A ist, bestimmt wird;
- eine zweite Messgrößen ermittelt wird, deren Wert eine Zustandsgröße x_k ist und welche zu dem Messpark hinzuzufügen ist, damit die ausgewählte Diagnosegröße eindeutig bestimmbar ist;
- eine der zweiten Sensitivitätsgrößen die Varianz $\sigma_{k \rightarrow d_n}^2$ der ausgewählten Diagnosegröße d_n bei Hinzunahme der ermittelten zweiten Messgröße x_k mit der Varianz σ_k zu dem Messpark darstellt;
- die zweite Sensitivitätsgröße durch folgende Formel bestimmt wird:

$$\sigma_{k \rightarrow d_n}^2 = \sigma_k^2 \cdot \frac{\|p\|^2}{\|p_k\|^2} + \left\| M^T \cdot c_n - \frac{\|p\|}{\|p_k\|} m_k \right\|^2,$$

mit $p = P c_n$, wobei c_n die n -te Spalte der Matrix N^T .
 d_n die n -te Spalte der Matrix $M^T \cdot N^T$ ist und p_k die k -te Spalte der Matrix $P \cdot N^T$ ist.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, bei dem in der Matrix $P \cdot N^T$ die Spalte gesucht wird, sodass p von dieser Spalte linear abhängt, wobei der Index k dieser Spalte angibt, dass der zweite Messwert x_k zum Messpark hinzuzunehmen ist, damit der ausgewählte Parameter eindeutig bestimmbar ist.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, bei dem die Standardabweichung σ_k der zweiten Messgröße 1% des Wertes der zweiten Messgröße ist.

13. Vorrichtung zur Analyse eines technischen Systems, welche derart eingerichtet ist, dass ein Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchführbar ist.

14. Computerprogrammprodukt, welches ein Speichermedium aufweist, auf welchem ein Computerprogramm gespeichert ist, das auf einem Rechner ablaufbar ist und mit dem das Ver-

fahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12 durchführbar ist.

FIG 1

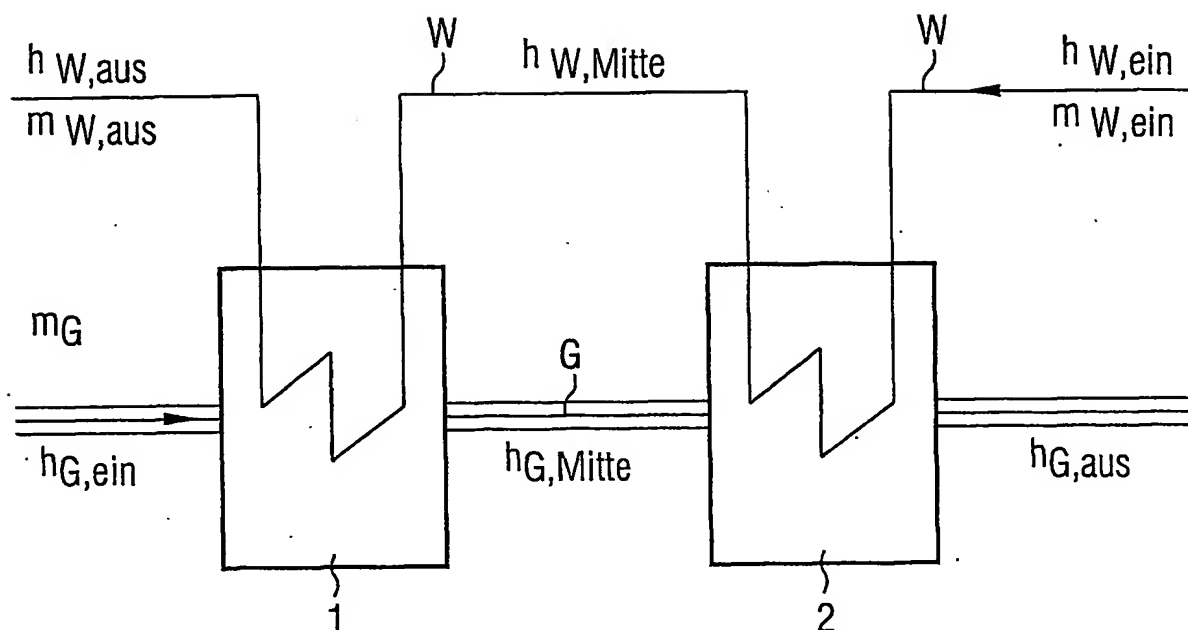
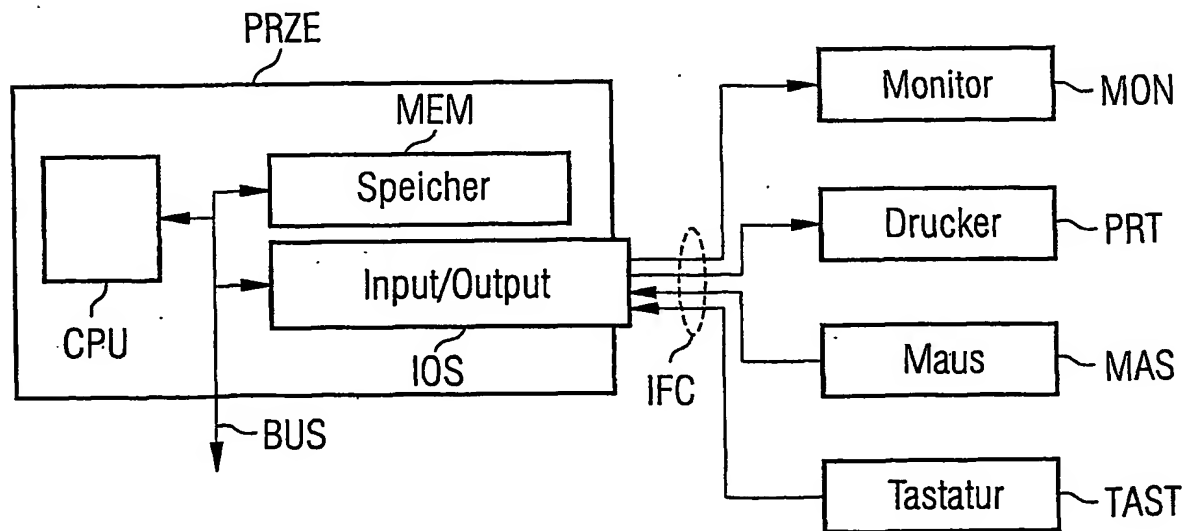


FIG 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 03/12754

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G05B17/00 G01D1/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G01D G05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 00/65414 A (SIEMENS AG ;STOEHR ANNELIE (DE)) 2 November 2000 (2000-11-02) page 1, line 5 -page 5, line 15	1-14
A	EP 0 770 946 A (ABB PATENT GMBH) 2 May 1997 (1997-05-02) page 2, line 5 -page 3, line 28	1-14
A	US 5 267 277 A (MANAZIR RICHARD M ET AL) 30 November 1993 (1993-11-30) claim 8	1-14
A	US 4 977 531 A (OGATA TERUAKI ET AL) 11 December 1990 (1990-12-11) the whole document	1-14
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 April 2004

Date of mailing of the international search report

07/05/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kuntz, J-M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 03/12754

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 555 (P-1816), 21 October 1994 (1994-10-21) & JP 06 201413 A (NISSAN MOTOR CO LTD), 19 July 1994 (1994-07-19) abstract</p>	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/12754

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0065414	A	02-11-2000	WO 0065414 A1	02-11-2000
EP 0770946	A	02-05-1997	DE 19539477 A1	30-04-1997
			DE 59601341 D1	01-04-1999
			EP 0770946 A1	02-05-1997
US 5267277	A	30-11-1993	FI 108818 B1	28-03-2002
			FI 943061 A	23-06-1994
			FI 943062 A	23-06-1994
			FI 943063 A	23-06-1994
			GB 2238650 A ,B	05-06-1991
			GB 2272325 A ,B	11-05-1994
			GB 2272326 A ,B	11-05-1994
			GB 2272327 A ,B	11-05-1994
			GB 2274538 A ,B	27-07-1994
			GB 2274539 A ,B	27-07-1994
			GB 2274540 A ,B	27-07-1994
			GB 2275559 A ,B	31-08-1994
			GB 2275560 A ,B	31-08-1994
			GB 2275561 A ,B	31-08-1994
			GB 2275562 A ,B	31-08-1994
			GB 2275563 A ,B	31-08-1994
			GB 2275564 A ,B	31-08-1994
			GB 2275813 A ,B	07-09-1994
			GB 2275814 A ,B	07-09-1994
			US 5347553 A	13-09-1994
			US 5355395 A	11-10-1994
			US 5353315 A	04-10-1994
			US 5353316 A	04-10-1994
			US 5375150 A	20-12-1994
			US 5394447 A	28-02-1995
			US 5227122 A	13-07-1993
			US 5715178 A	03-02-1998
			US 5267278 A	30-11-1993
			US 5265131 A	23-11-1993
			US 5227121 A	13-07-1993
			US 5287390 A	15-02-1994
			US 5271045 A	14-12-1993
US 4977531	A	11-12-1990	JP 2008939 A	12-01-1990
			JP 2697861 B2	14-01-1998
JP 06201413	A	19-07-1994	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/12754

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G05B17/00 G01D1/16

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G01D G05B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
A	WO 00/65414 A (SIEMENS AG ;STOEHR ANNELIE (DE)) 2. November 2000 (2000-11-02) Seite 1, Zeile 5 -Seite 5, Zeile 15	1-14
A	EP 0 770 946 A (ABB PATENT GMBH) 2. Mai 1997 (1997-05-02) Seite 2, Zeile 5 -Seite 3, Zeile 28	1-14
A	US 5 267 277 A (MANAZIR RICHARD M ET AL) 30. November 1993 (1993-11-30) Anspruch 8	1-14
A	US 4 977 531 A (OGATA TERUAKI ET AL) 11. Dezember 1990 (1990-12-11) das ganze Dokument	1-14

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

29. April 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

07/05/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kuntz, J-M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 03/12754

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 555 (P-1816), 21. Oktober 1994 (1994-10-21) & JP 06 201413 A (NISSAN MOTOR CO LTD), 19. Juli 1994 (1994-07-19) Zusammenfassung</p> <p>-----</p>	1-12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/12754

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
WO 0065414	A	02-11-2000	WO	0065414 A1			02-11-2000	
EP 0770946	A	02-05-1997	DE	19539477 A1			30-04-1997	
			DE	59601341 D1			01-04-1999	
			EP	0770946 A1			02-05-1997	
US 5267277	A	30-11-1993	FI	108818 B1			28-03-2002	
			FI	943061 A			23-06-1994	
			FI	943062 A			23-06-1994	
			FI	943063 A			23-06-1994	
			GB	2238650 A ,B			05-06-1991	
			GB	2272325 A ,B			11-05-1994	
			GB	2272326 A ,B			11-05-1994	
			GB	2272327 A ,B			11-05-1994	
			GB	2274538 A ,B			27-07-1994	
			GB	2274539 A ,B			27-07-1994	
			GB	2274540 A ,B			27-07-1994	
			GB	2275559 A ,B			31-08-1994	
			GB	2275560 A ,B			31-08-1994	
			GB	2275561 A ,B			31-08-1994	
			GB	2275562 A ,B			31-08-1994	
			GB	2275563 A ,B			31-08-1994	
			GB	2275564 A ,B			31-08-1994	
			GB	2275813 A ,B			07-09-1994	
			GB	2275814 A ,B			07-09-1994	
			US	5347553 A			13-09-1994	
			US	5355395 A			11-10-1994	
			US	5353315 A			04-10-1994	
			US	5353316 A			04-10-1994	
			US	5375150 A			20-12-1994	
			US	5394447 A			28-02-1995	
			US	5227122 A			13-07-1993	
			US	5715178 A			03-02-1998	
			US	5267278 A			30-11-1993	
			US	5265131 A			23-11-1993	
			US	5227121 A			13-07-1993	
			US	5287390 A			15-02-1994	
			US	5271045 A			14-12-1993	
US 4977531	A	11-12-1990	JP	2008939 A			12-01-1990	
			JP	2697861 B2			14-01-1998	
JP 06201413	A	19-07-1994	KEINE					